

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-339856

(P2002-339856A)

(43)公開日 平成14年11月27日(2002.11.27)

(51)Int.Cl'	識別記号	F I	マーク(参考)
F 03 D	7/04	F 03 D	Z 3 H 0 7 8
	9/00		B 5 H 5 9 0
H 02 P	9/00	H 02 P	F

審査請求 未請求 請求項の数5 OL (全7頁)

(21)出願番号 特願2001-148212(P2001-148212)

(22)出願日 平成13年5月17日(2001.5.17)

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(71)出願人 500113291

ティーエムエイエレクトリック株式会社

東京都港区三田三丁目13番16号

(72)発明者 中野 正樹

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74)代理人 100057874

弁理士 曽我 道照 (外4名)

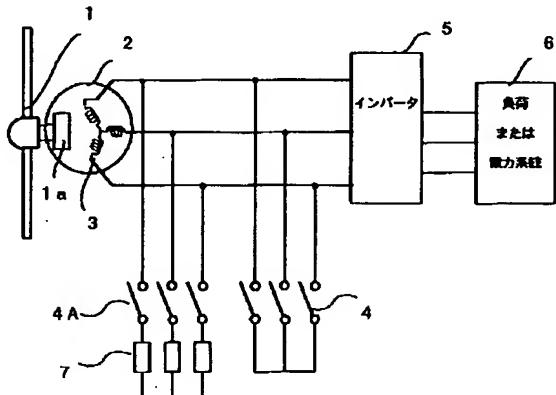
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 永久磁石型風力発電機の電気ブレーキ装置

(57)【要約】

【課題】 機械式ブレーキの小型軽量化を実現するとともに、発電機の回転子磁極(永久磁石)が減磁することなく、風車の回転を減速したり停止状態を維持することができる永久磁石型風力発電機の電気ブレーキ装置を得る。

【解決手段】 風車1とともに回転する永久磁石を含む回転子1aおよび回転子1aに対向配置された電機子回路3を有する発電機2とを備えた永久磁石型風力発電機を制動する装置であって、電機子回路3に設けられたブレーキ用の第1および第2の短絡装置4、4Aとを備え、第1の短絡装置4は、風車1の停止状態を維持するために電機子回路3を短絡し、第2の短絡装置4Aは、短絡スイッチに直列接続されたインピーダンス7を含み、回転中の風車1を減速するために、電機子回路3を短絡する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 風力によって回転駆動する風車と、前記風車と一緒に回転駆動する永久磁石を含む回転子および前記回転子に対向配置された電機子回路を有する発電機とを備えた風力発電機の電気ブレーキ装置であつて、

前記電機子回路に接続されて前記風車のブレーキとして機能する短絡装置を設け、前記短絡装置は、選択的に駆動されることにより、前記電機子回路を短絡して前記風車の停止状態を維持することを特徴とする永久磁石型風力発電機の電気ブレーキ装置。

【請求項2】 風力によって回転駆動する風車と、前記風車と一緒に回転駆動する永久磁石を含む回転子および前記回転子に対向配置された電機子回路を有する発電機とを備えた風力発電機の電気ブレーキ装置であつて、

前記電機子回路に接続されて前記風車のブレーキとして機能する短絡装置を設け、前記短絡装置は、

短絡スイッチに直列接続されたインピーダンスを含み、前記短絡スイッチが選択的にオンされることにより、前記インピーダンスを介して前記電機子回路を短絡し、回転中の前記風車を減速することを特徴とする永久磁石型風力発電機の電気ブレーキ装置。

【請求項3】 前記インピーダンスは、コンデンサ、抵抗器およびリアクトルのうちの少なくとも1つを含むことを特徴とする請求項2に記載の永久磁石型風力発電機の電気ブレーキ装置。

【請求項4】 風力によって回転駆動する風車と、前記風車と一緒に回転駆動する永久磁石を含む回転子および前記回転子に対向配置された電機子回路を有する発電機とを備えた風力発電機の電気ブレーキ装置であつて、

前記電機子回路に接続されて前記風車のブレーキとして機能する第1および第2の短絡装置を設け、

前記第1の短絡装置は、選択的に駆動されることにより、前記電機子回路を短絡して前記風車の停止状態を維持し、

前記第2の短絡装置は、短絡スイッチに直列接続されたインピーダンスを含み、前記短絡スイッチが選択的にオンされることにより、前記インピーダンスを介して前記電機子回路を短絡し、回転中の前記風車を減速することを特徴とする永久磁石型風力発電機の電気ブレーキ装置。

【請求項5】 前記インピーダンスは、コンデンサ、抵抗器およびリアクトルのうちの少なくとも1つを含むことを特徴とする請求項4に記載の永久磁石型風力発電機の電気ブレーキ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、永久磁石型同期発電機を用いた風力発電システムの電気ブレーキ装置に関するもので、特に風車の停止状態を維持したり回転中の風車を減速するための永久磁石型風力発電機の電気ブレーキ装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】一般に、風車により回転する永久磁石に電機子回路(コイル)を対向配置した風力発電機において、機械式のブレーキ(たとえば、ディスクブレーキ)は、風車の回転軸(または、発電機の回転子)に設けられている。

【0003】また、特開2000-199473号公報には、風力発電システムにおいて、交流発電機の出力を短絡することにより風車にブレーキをかけ、風車の回転数を低下させて過回転を防止する技術が記載されている。

【0004】通常、増速ギア付きの風力発電機の場合には、発電機が増速ギアを介して風車に接続されているので、発電機の回転数が高い分だけトルクは小さくなる。

したがって、トルクの小さい高遡回転側に機械式のブレーキを設けることが可能であることから、比較的コンパクトなブレーキを構成することができる。

【0005】一方、近年では、増速ギアが発生する騒音が存在しないという利点から、同期発電機を用いたギアレスの風力発電システムが導入されている。特に、永久磁石型同期発電機を用いた風力発電システムは、回転子に励磁損失が発生しないという点で、巻線界磁型同期発電機を用いたシステムよりも有利であることが知られている。

【0006】このような、ギアレスの風力発電システムにおいては、増速ギアを介在させることなく風車と発電機とが直結されているので、発電機の回転数が風車の回転数と一致し、増速ギア付きの発電機の場合よりも回転数が小さくなる。

【0007】一方、このときの発電機のトルクは、増速ギア付きの発電機の場合に比べて大きくなるので、風車の過回転を防止するために大きなブレーキトルクが必要となり、ブレーキ装置の重量体積が大きくなってしまう。

【0008】また、上記特開2000-199473号公報に記載された従来技術においては、風車の過回転を防止するために、発電機の出力端子を短絡しているので、発電機の定格回転数以上の回転状態で発電機出力を短絡することになる。

【0009】この場合、短絡時(ブレーキ時)において、瞬時に発電機の電機子コイルに過大な電流が流れることになり、このときの電機子コイルの発生磁界によって回転子磁極を構成する永久磁石が減磁してしまうおそれがある。

## 【0010】

【発明が解決しようとする課題】従来の永久磁石型風力発電機の電気ブレーキ装置は以上のように、増速ギアを介さずに風車と発電機とが直結されており、発電機のトルクが比較的大きくなるので、ブレーキの重量体積が大きくなってしまうという問題点があった。

【0011】また、特開2000-199473号公報に記載された従来装置のように発電機の出力を短絡した場合には、発電機の定格回転数以上の回転数において発電機（電機子）の出力端子が短絡されるので、発電機の電機子コイルに瞬時に過大電流が流れ、このときの電機子コイルの発生磁界により回転子磁極を構成する永久磁石が減磁してしまうという問題点があった。

【0012】この発明は上記のような問題点を解決するためになされたもので、機械式ブレーキの小型軽量化を実現するとともに、発電機の回転子磁極を構成する永久磁石が減磁することなく、風車の停止状態を維持することができる永久磁石型風力発電機の電気ブレーキ装置を得ることを目的とする。

【0013】また、この発明は、機械式ブレーキの小型軽量化を実現するとともに、発電機の回転子磁極を構成する永久磁石が減磁することなく、風車の回転を減速することができる永久磁石型風力発電機の電気ブレーキ装置を得ることを目的とする。

【0014】さらに、この発明は、機械式ブレーキの小型軽量化を実現するとともに、発電機の回転子磁極を構成する永久磁石が減磁することなく、風車の回転を減速したり停止状態を維持することができる永久磁石型風力発電機の電気ブレーキ装置を得ることを目的とする。

## 【0015】

【課題を解決するための手段】この発明の請求項1に係る永久磁石型風力発電機の電気ブレーキ装置は、風力によって回転駆動する風車と、風車と一緒に回転駆動する永久磁石を含む回転子および回転子に対向配置された電機子回路を有する発電機とを備えた風力発電機の電気ブレーキ装置であって、電機子回路に接続されて風車のブレーキとして機能する短絡装置を設け、短絡装置は、選択的に駆動されることにより、電機子回路を短絡して風車の停止状態を維持するものである。

【0016】また、この発明の請求項2に係る永久磁石型風力発電機の電気ブレーキ装置は、風力によって回転駆動する風車と、風車と一緒に回転駆動する永久磁石を含む回転子および回転子に対向配置された電機子回路を有する発電機とを備えた風力発電機の電気ブレーキ装置であって、電機子回路に接続されて風車のブレーキとして機能する短絡装置を設け、短絡装置は、短絡スイッチに直列接続されたインピーダンスを含み、短絡スイッチが選択的にオンされることにより、インピーダンスを介して電機子回路を短絡し、回転中の風車を減速するものである。

10 【0017】また、この発明の請求項3に係る永久磁石型風力発電機の電気ブレーキ装置は、請求項2において、インピーダンスは、コンデンサ、抵抗器およびリニアクトルのうちの少なくとも1つを含むものである。

【0018】また、この発明の請求項4に係る永久磁石型風力発電機の電気ブレーキ装置は、風力によって回転駆動する風車と、風車と一緒に回転駆動する永久磁石を含む回転子および回転子に対向配置された電機子回路を有する発電機とを備えた風力発電機の電気ブレーキ装置であって、電機子回路に接続されて風車のブレーキとして機能する第1および第2の短絡装置を設け、第1の短絡装置は、選択的に駆動されることにより、電機子回路を短絡して風車の停止状態を維持し、第2の短絡装置は、短絡スイッチに直列接続されたインピーダンスを含み、短絡スイッチが選択的にオンされることにより、インピーダンスを介して電機子回路を短絡し、回転中の風車を減速するものである。

【0019】また、この発明の請求項5に係る永久磁石型風力発電機の電気ブレーキ装置は、請求項4において、インピーダンスは、コンデンサ、抵抗器およびリニアクトルのうちの少なくとも1つを含むものである。

20 【0020】  
【発明の実施の形態】実施の形態1、以下、図面を参照しながら、この発明の実施の形態1について詳細に説明する。図1は風車の停止状態を維持するための短絡装置を設けたこの発明の実施の形態1を概略的に示すブロック構成図である。

【0021】図1において、1は風力で回転駆動する風車である。1aは風車の回転軸と一緒に回転駆動する回転子であり、たとえば数10極の程度の永久磁石からなる磁極を有している。

30 【0022】2は風車1に接続された永久磁石型風力発電機（以下、単に「発電機」という）である。3は発電機2内の固定子として設けられた電機子回路であり、回転子1aに対向配置されたスター結線コイルにより構成されており、出力端子から三相交流電力を出力する。なお、電機子コイルは、必ずしもスター結線でなくてもよく、たとえばデルタ結線であってもよい。

【0023】4は電機子回路3の各出力端子に設けられたブレーキ用の短絡装置であり、三相の並列スイッチにより構成されている。5は電機子回路3の出力端子に接続されたインバータ、6はインバータ5の出力端子に接続された負荷または電力系統である。

40 【0024】図1において、風車1が回転することにより発電機2が回転し、発電機2から発生した3相電力は、電機子回路3を介してインバータ5に入力される。発電機2の発電電力は、インバータ5を介して、所望の電圧および周波数に変換された後、負荷または電力系統6に供給される。

50 【0025】一般的に、図1に示す風力発電システムに

おいては、たとえば風が存在しても発電する必要が無い場合には、風車1を回転させずに停止状態に維持する必要が生じることがある。

【0026】図1においては、発電機2の電機子回路3を短絡するための短絡装置4が設けられており、風車1が完全に停止している場合や非常に小さい回転数で回転している場合に、電機子回路3が短絡されるようになっている。

【0027】このとき、短絡された電機子回路3の電機子巻線は、回転子1aに設けられた永久磁石の磁極(図示せず)からの発生磁束を捕らえて、回転子を拘束する力を発生する。この拘束力を利用すれば、従来のような大きな機械式ブレーキのブレーキ力がなくとも、風車1が回転せずに、停止状態を維持させることができる。

【0028】すなわち、発電機2の出力側の電機子回路3を短絡し、短絡状態にある固定子(電機子回路3の電機子コイル)が回転子1aの磁束を捕らえて回転子を拘束する力を利用することにより、停止(または、ほぼ停止)中の風車1の停止状態を維持するためのブレーキ力を有効に得ることができる。

【0029】実施の形態2。なお、上記実施の形態1では、風車1の停止状態維持のみを目的として、電機子回路3に短絡装置4のみを設けたが、回転中の風車1を減速するために、短絡装置4にさらにインピーダンスを設けてもよい。

【0030】図2は回転中の風車1を減速するための短絡用インピーダンスを設けたこの発明の実施の形態2を概略的に示すブロック構成図である。図2において、前述(図1参照)と同様のものについては、同一符号をして詳述を省略する。

【0031】7は短絡装置4A内のインピーダンスであり、コンデンサ、抵抗器またはリアクトルなどで構成されている。各インピーダンス7は、短絡装置4A内の短絡スイッチにそれぞれ直列接続されており、短絡スイッチを介して電機子回路3の出力端子に接続されている。

【0032】図2において、回転中の風車1を減速する場合に、インピーダンス7を介さずに短絡装置4(図1参照)のみで発電機2を短絡すると、前述のように電機子回路3に過大な電流が流れてしまい、このときの発生磁界により回転子磁極を構成する回転子1aに設けられた磁極形成用の永久磁石が減磁してしまうおそれがある。

【0033】しかし、図2のように、インピーダンス7を介して短絡することにより、過大な電流が電機子回路3から電機子コイルに流れることはなく、回転子1a内の永久磁石が減磁してしまうことはない。

【0034】特に、インピーダンス7がコンデンサを含む場合には、電機子回路3に流れる電流の位相が進むので、電機子電流による発生磁界の向きは、発電機2の磁極による発生磁束を強める方向となり、発電機2の電機

子鉄心の磁束密度は大きくなる。

【0035】このように電機子鉄心の磁束密度が大きくなれば、電機子鉄心で発生する鉄損(ヒステリシス損や渦電流損)が大きくなり、さらに大きなブレーキ力を得ることができる。

【0036】また、一般に、周波数が大きいほど鉄損が大きくなるという性質があるので、発電機2の回転数が高い場合には、電機子鉄心における磁束密度の変化周波数も大きくなって、さらに大きな鉄損を発生する。

10 【0037】したがって、発電機2の回転数が高い場合には、上記鉄損効果とコンデンサによる進み電流効果との相乗効果により、さらに大きなブレーキ力を得ることができる。

【0038】また、インピーダンス7が抵抗器を含む場合には、電機子回路3の短絡時に有効電流が流れるので、発電機2で発生した電力がインピーダンス7内の抵抗器によりジュール損として消費されることにより、さらにブレーキ力を得ることができる。

20 【0039】また、インピーダンス7がリアクトルを含む場合には、発電機2の回転数が高い(電機子コイルの発生電圧の周波数が高い)ときに、リアクトルのインピーダンスが大きくなるので、電機子回路3にインピーダンス7を接続した時点での突発的な過大電流をさらに有効に抑制することができる。

【0040】また、この場合、発電機2の回転数が小さくなるにつれて、リアクトルによるインピーダンスが小さくなるので、徐々に電流が流れ易くなり、リアクトルおよび電機子回路3の抵抗成分で発生するジュール損によって、さらにブレーキ力を得ることができる。

30 【0041】このように、コンデンサ、抵抗器、リアクトルなどのインピーダンス7を電機子回路3に接続し、発電した電力を、電機子鉄心の鉄損、抵抗器でのジュール損、電機子コイルの銅損などの熱に変換することにより、回転中の風車1を有効に減速してブレーキ力を得ることができる。

【0042】また、電機子回路3にコンデンサを接続して進み無効電流を流すことにより、増磁作用で電機子鉄心の磁束密度の増加が可能したことから、鉄損が大きくなり、回転中の風車1を減速するときに大きなブレーキ力を得ることができる。

40 【0043】また、風車1の回転数(発電機2の周波数)が高い場合には、コンデンサのインピーダンスが低くなっていることにより、高周波によって大きな電機子鉄損を発生し易いので、特に有効なブレーキ効果が得られる。

【0044】また、電機子回路3に抵抗器を接続して有効電流を流すことにより、発電電力を抵抗器で消費することができ、回転中の風車1に対して有効にブレーキ力を得ることができる。

50 【0045】また、電機子回路3にリアクトルを接続し

て遅れ無効電流を流すことにより、電機子電流を流して銅損を大きくし、回転中の風車1に対して有効にブレーキ力を得ることができる。

【0046】さらに、この場合、風車1の回転数（発電機2の周波数）が低くなるほど、リアクトルのインピーダンスが低くなつて電流が流し易くなり、コイルに大きな電流を流して大きな電機子銅損を発生し易いので、回転中の風車1に対して有効にブレーキ効果が得られる。

【0047】実施の形態3。なお、上記実施の形態1、2では、電機子回路3に対して、短絡装置4（図1参照）、または、短絡装置4Aおよびインピーダンス7（図2参照）の一方のみを接続したが、短絡装置4と短絡装置4Aおよびインピーダンス7とを並列接続してもよい。

【0048】図3は図1および図2の構成を並設して風車1の停止維持および減速作用の両方を実現したこの発明の実施の形態3を概略的に示すブロック構成図である。図3において、前述（図1、図2参照）と同様のものについては、同一符号を付して詳述を省略する。

【0049】図3において、風車1が完全に停止している場合や非常に小さい回転数で回転しているときには、風車1の停止（非回転）状態を維持するために、前述（図1参照）と同様の短絡装置4により、電機子回路3が短絡される。

【0050】このとき、短絡された電機子巻線は、回転子1aの永久磁石磁極の発生磁束を捕らえて回転子を拘束する力が発生するので、風車1が回転せず、風車1の停止状態を維持させることができる。

【0051】一方、回転中の風車1を減速する場合には、前述（図2参照）と同様に、短絡装置4Aを介してインピーダンス7が電機子回路3に接続される。このとき、電機子に過大な電流が流れることはなく、したがつて、回転子1aの永久磁石磁極が減磁されることはない。

【0052】この場合も、前述と同様に、インピーダンス7がコンデンサを含む場合には、電機子回路3の電流位相が進むので、電機子鉄心の磁束密度および鉄損が大きくなつて大きなブレーキ力が得られ、発電機2の回転数（電機子鉄心の磁束密度変化の周波数）が高い場合には、さらに大きな鉄損によるブレーキ力が得られる。

【0053】また、インピーダンス7が抵抗器を含む場合には、発電機2の発生電力がジュール損として消費されるので、有効にブレーキ力を得ることができる。さらに、インピーダンス7がリアクトルを含む場合には、発電機2の回転数上昇（インピーダンス上昇）につれて過大電流を抑制することができ、回転数低下（インピーダンス低下）につれてジュール損によるブレーキ力を得ることができる。

【0054】このように、風車1の停止状態を維持する場合には、短絡装置4を用いて電機子回路3を短絡し、

回転中の風車1を減速する場合には、コンデンサ、抵抗器、リアクトルなどのインピーダンス7を電機子回路3に接続することにより、有効にブレーキ力を得ることができる。

#### 【0055】

【発明の効果】以上のように、この発明の請求項1によれば、風力によって回転駆動する風車と、風車と一体に回転駆動する永久磁石を含む回転子および回転子に対向配置された電機子回路を有する発電機とを備えた風力発電機の電気ブレーキ装置であつて、電機子回路に接続されて風車のブレーキとして機能する短絡装置を設け、短絡装置は、選択的に駆動されることにより、電機子回路を短絡して風車の停止状態を維持するようにしたので、機械式ブレーキの小型軽量化を実現するとともに、発電機の回転子磁極を構成する永久磁石が減磁することなく、風車の停止状態を維持することのできる永久磁石型風力発電機の電気ブレーキ装置が得られる効果がある。

【0056】また、この発明の請求項2によれば、風力によって回転駆動する風車と、風車と一体に回転駆動する永久磁石を含む回転子および回転子に対向配置された電機子回路を有する発電機とを備えた風力発電機の電気ブレーキ装置であつて、電機子回路に接続されて風車のブレーキとして機能する短絡装置を設け、短絡装置は、短絡スイッチに直列接続されたインピーダンスを含み、短絡スイッチが選択的にオンされることにより、インピーダンスを介して電機子回路を短絡し、回転中の風車を減速するようにしたので、機械式ブレーキの小型軽量化を実現するとともに、発電機の回転子磁極を構成する永久磁石が減磁することなく、風車の回転を減速することのできる永久磁石型風力発電機の電気ブレーキ装置が得られる効果がある。

【0057】また、この発明の請求項3によれば、請求項2において、インピーダンスは、コンデンサ、抵抗器およびリアクトルのうちの少なくとも1つを含むので、さらに有効に風車の回転を減速することのできる永久磁石型風力発電機の電気ブレーキ装置が得られる効果がある。

【0058】また、この発明の請求項4によれば、風力によって回転駆動する風車と、風車と一体に回転駆動する永久磁石を含む回転子および回転子に対向配置された電機子回路を有する発電機とを備えた風力発電機の電気ブレーキ装置であつて、電機子回路に接続されて風車のブレーキとして機能する第1および第2の短絡装置を設け、第1の短絡装置は、選択的に駆動されることにより、電機子回路を短絡して風車の停止状態を維持し、第2の短絡装置は、短絡スイッチに直列接続されたインピーダンスを含み、短絡スイッチが選択的にオンされることにより、インピーダンスを介して電機子回路を短絡し、回転中の風車を減速するようにしたので、機械式ブレーキの小型軽量化を実現するとともに、発電機の回転

子磁極を構成する永久磁石が減磁することなく、風車の回転を減速したり停止状態を維持することのできる永久磁石型風力発電機の電気ブレーキ装置が得られる効果がある。

【0059】また、この発明の請求項1によれば、請求項4において、インピーダンスは、コンデンサ、抵抗器およびリアクトルのうちの少なくとも1つを含むので、さらに有効に風車の回転を減速することのできる永久磁石型風力発電機の電気ブレーキ装置が得られる効果がある。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施の形態1を概略的に示すプロック構成図である。

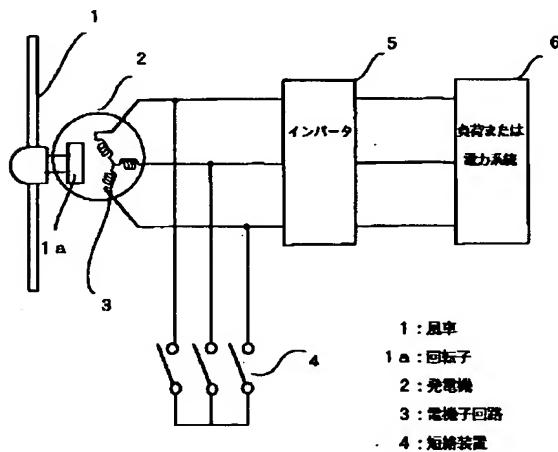
【図2】この発明の実施の形態2を概略的に示すプロック構成図である。

【図3】この発明の実施の形態3を概略的に示すプロック構成図である。

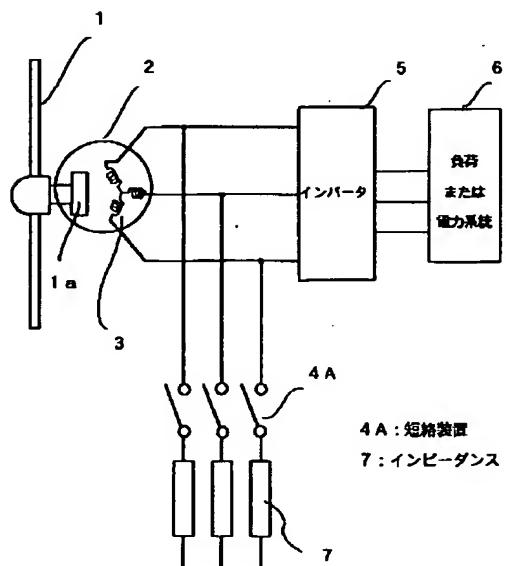
## 【符号の説明】

1 風車、1a 回転子、2 発電機、3 電機子回路、4 短絡装置、7 インピーダンス。

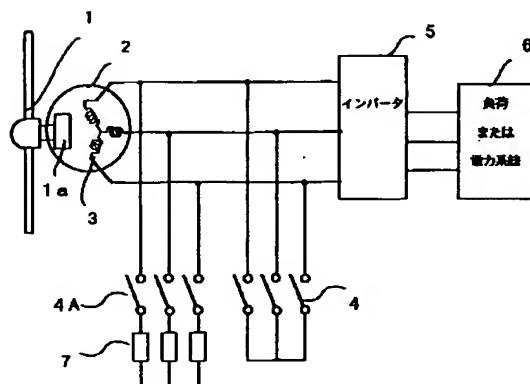
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 川村 光弘

東京都港区三田三丁目13番16号 ティーエムエイエレクトリック株式会社内

(72)発明者 松下 崇俊

東京都港区三田三丁目13番16号 ティーエムエイエレクトリック株式会社内

(72)発明者 池田 祐次

東京都港区三田三丁目13番16号 ティーエムエイエレクトリック株式会社内

F ターム(参考) 3H078 AA02 AA26 BB03 CC01 CC15  
CC22 CC66  
5H590 AB15 CA14 CC02 CD03 EA05  
EA08 EB02 EB14 FA05 FA08  
FB01 FC21 FC22 FC23 GA02  
HA27